

Perancangan Alat Ukur Kelajuan Kendaraan Bermotor Berbasis Kamera CCD

Novia Dwi Agustri*, Harmadi

Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 29 Januari 2021
Direvisi: 03 Februari 2021
Diterima: 05 Februari 2021

Kata kunci:

kamera CCD
kelajuan
kendaraan bermotor

Keywords:

CCD camera
speed
motor vehicle

Penulis Korespondensi:

Novia Dwi Agustri
Email: noviadwiagustri93@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan perancangan alat ukur kelajuan kendaraan bermotor berbasis kamera CCD. Masukan berupa video *streaming* pada ruas jalan satu arah. Metode yang digunakan adalah *image background subtraction* dan *image thresholding*. Analisis citra diproses pada *Raspberry Pi* menggunakan bahasa pemrograman *Python* dan *library OpenCV*. Gerakan kendaraan dideteksi dari perubahan nilai piksel sebuah *frame* dengan *frame* referensi. Kelajuan didapat dari jarak *region* dibagi waktu. Waktu didapatkan dari jumlah *frame* dibagi *frame rate* kamera. Nilai kelajuan yang didapatkan ditampilkan pada PC. Pengujian kelajuan kendaraan bermotor dilakukan dengan uji coba alat ukur dan alat pembanding *speedometer*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perancangan alat ukur kelajuan kendaraan bermotor berbasis kamera CCD telah mampu mengukur kelajuan kendaraan dengan kesalahan rata-rata pada mobil 4,175% dan sepeda motor 3,76%.

The design of a CCD camera-based motor vehicle speed meter has been designed. Input in the form of video streaming on a one-way street. The method used is image background subtraction and image thresholding. Image analysis is processed on the Raspberry Pi using the Python programming language and the OpenCV library. Vehicle movement is detected by changing the pixel value of a frame with a reference frame. The speed is obtained from the region distance divided by time. Time is obtained from the number of frames divided by the camera frame rate. The speed values obtained are displayed on the PC. Testing the speed of a motorized vehicle is done by testing a measuring instrument and a speedometer comparison tool. The test results show that the design of a CCD camera-based motor vehicle speed measuring instrument has been able to measure vehicle speed with an average error of 4.175% for cars and 3.76% for motorbikes.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor telah menjadi sarana transportasi utama sebagian besar masyarakat di Indonesia. Data yang dihimpun Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia jumlah kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahun. Jumlah kendaraan bermotor pada tahun 2000 mencapai 19 juta dan terus meningkat hingga tahun 2018 mencapai 147 juta yang terdiri dari mobil, bis dan sepeda motor (BPS, 2019).

Jumlah kendaraan bermotor yang terus meningkat sejalan dengan meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas. Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) kecelakaan lalu lintas di Indonesia menjadi pembunuh terbesar ketiga yaitu 2,4 juta jiwa manusia setiap tahunnya (Badan Intelegen Nasional, 2011). Penyebab sering terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah tindakan mengabaikan rambu-rambu dan melanggar aturan lalu lintas seperti melebihi batas maksimal kecepatan kendaraan bermotor yang ditetapkan.

Alat untuk mengukur kelajuan kendaraan bermotor yang digunakan saat ini di Indonesia adalah *speed gun*. Cara kerjanya dengan mengarahkan *speed gun* ke target atau kendaraan bermotor yang akan diukur. Penggunaan alat ini masih terbatas untuk mengawasi kendaraan bermotor yang melewati batas kelajuan. Beberapa peneliti telah melakukan perancangan alat ukur kelajuan kendaraan bermotor menggunakan sensor ultrasonik, sensor cahaya, dan sensor magnet.

Nataliana dkk. (2011) telah menerapkan sistem pengukuran kecepatan kendaraan bermotor menggunakan sensor ultrasonik berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Sistem ini menggunakan dua buah sensor ultrasonik sebagai input data untuk mendeteksi kendaraan. Ultrasonik I akan memulai penghitungan waktu dan ultrasonik II menghentikan penghitungan waktu ketika kendaraan melewati sensor. Nilai kecepatan didapat dari hasil bagi jarak kedua sensor dengan waktu tempuh kendaraan yang diproses pada Mikrokontroler Atmega 8535. Percobaan ini masih kurang optimal sebab sensor ultrasonik mempunyai daerah penerima sinyal pantulan sangat kecil.

Nuryaman dkk. (2017) membuat sistem pengukur kecepatan kendaraan bermotor dengan sensor inframerah. Sistem ini terdiri dari dua pasang sensor yaitu sensor inframerah dan fotodioda. Sensor akan memberikan respon kepada Mikrokontroler untuk mengaktifkan dan mematikan *timer* dan menjalankan *counter* apabila cahaya pada sensor terhalang. Nilai kecepatan didapat dari jarak kedua sensor dibagi dengan waktu tempuh kendaraan bermotor untuk melewati kedua sensor. Kelemahan dari sistem ini adalah nilai kecepatan dapat dipengaruhi oleh cahaya sekitar sensor.

Ramadhani dkk. (2017) membuat rancang bangun sistem pengukuran kecepatan kendaraan bermotor menggunakan sensor magnetik. Sensor magnetik yang digunakan adalah sensor *Giant Magneto Resistance* (GMR). Kekurangan pada alat ini adalah hasil yang didapatkan dipengaruhi oleh medan magnet benda di sekitarnya yang dapat menambah dan mengurangi besar medan magnet.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya maka dilakukan penelitian mengenai Perancangan Alat Ukur Kelajuan Kendaraan Bermotor Berbasis Kamera CCD (*Charge Couple Device*). Sistem ini terdiri dari kamera CCD, *Raspberry Pi* dan PC. Kamera CCD menangkap video berupa gambar dengan kecepatan 30 fps (*frame per second*). Program yang ditanamkan pada *Raspberry Pi* mendeteksi objek berupa kendaraan bermotor dan nilai kelajuannya. Objek dideteksi menggunakan metode *background subtraction* dan *image thresholding*. *Background subtraction* memisahkan *background* dengan objek dan *image thresholding* mengubah citra skala keabuan menjadi citra biner. Kelajuan kendaraan bermotor didapatkan dengan membagi jarak *region* dengan waktu. Waktu didapat dari jumlah *frame* dibagi *frame rate* kamera ketika kendaraan melewati *region*. Hasil nilai kelajuan dan jenis kendaraan yang didapatkan ditampilkan pada PC.

II. METODE

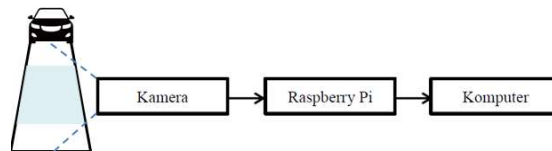
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam perancangan ini meliputi multimeter, PC, meteran, jumper, tripod dan aki. Bahan yang digunakan meliputi kamera CCD dan *raspberry pi*.

2.2 Perancangan Perangkat Keras Alat Ukur Kelajuan Kendaraan Bermotor

Perancangan perangkat keras alat ukur kelajuan kendaraan bermotor terdiri dari kamera CCD, *Raspberry Pi* dan PC. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Proses diawali dengan

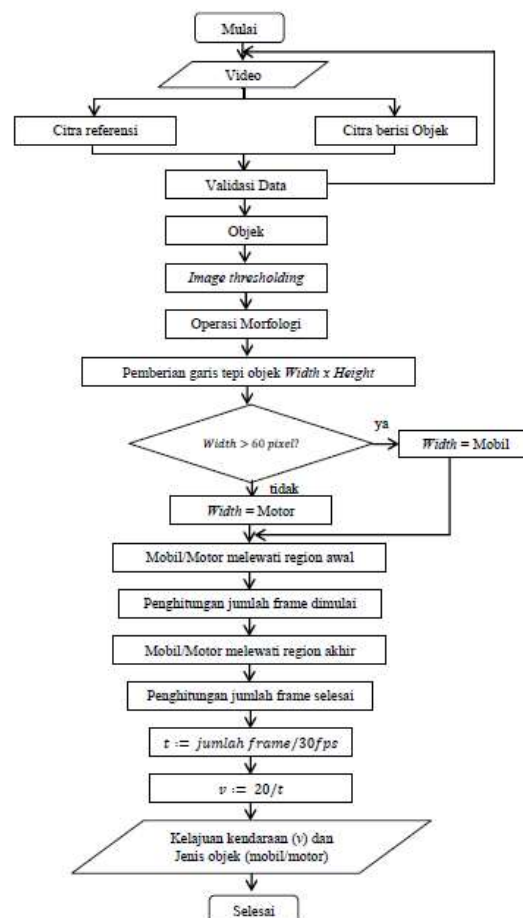
menyusun rangkaian sistem sensor dengan posisi kamera mengarah ke ruas jalan satu arah. Kamera CCD dinyalakan sehingga dapat merekam objek berupa kendaraan bermotor yang melewati *region*. Citra kendaraan bermotor yang telah direkam akan diolah pada *Raspberry Pi* dengan program yang telah ditanamkan sebelumnya. Hasil kelajuan kendaraan dan jenis kendaraan akan disimpan dan ditampilkan pada PC.



Gambar 1 Perancangan diagram blok sistem

2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak menggunakan aplikasi dan bahasa pemrograman *Python*. Diagram alir program ditunjukkan pada Gambar 2. *Input* program berupa video yang terdiri dari *frame-frame* dan dilanjutkan dengan menentukan citra referensi dan citra objek yang akan dideteksi. Data validasi dilakukan untuk mendeteksi objek dengan cara membandingkan citra referensi dengan citra objek. *Image thresholding* dilakukan untuk merubah citra berskala keabuan menjadi citra biner agar dapat mengetahui daerah mana yang merupakan *background* dan objek secara jelas. Pemberian garis tepi objek berupa *width* (lebar) dikali *height* (tinggi). Apabila *width* lebih besar dari 60 *pixel* maka akan dideteksi sebagai mobil. Jika kecil atau sama dengan 60 *pixel* akan dideteksi sebagai motor. Jika objek kendaraan bermotor yang telah terdeteksi melewati *region* awal maka penghitungan *frame* akan dimulai. Jika objek melewati *region* akhir penghitungan *frame* selesai. Waktu didapatkan dengan membagi jumlah *frame* dengan *frame rate* kamera (30 fps). Kelajuan kendaraan bermotor didapat dengan membagi jarak dengan waktu. Jarak yang digunakan sebesar 20 meter sesuai dengan ukuran *region*.



Gambar 2 Diagram alir program

2.4 Perancangan dan Karakterisasi Alat Ukur Kelajuan Kendaraan Bermotor

2.4.1 Proses Deteksi Objek

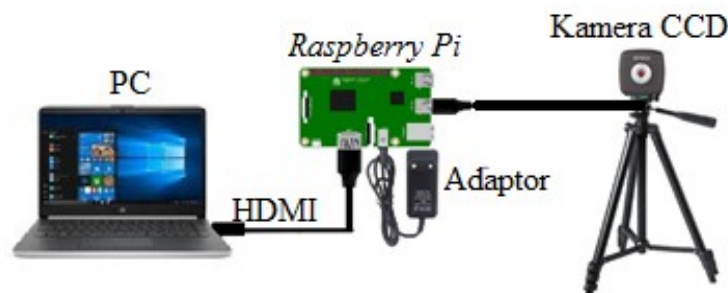
Proses pendeteksian objek bergerak memerlukan beberapa proses hingga mendapatkan hasil yang diinginkan. Video kendaraan direkam terlebih dahulu sebelum diekstrak. Ekstraksi video per *frame* dilakukan untuk memperoleh citra (*frame*) yang sesuai dengan fps (*frame per second*) kamera. Citra yang telah diekstrak diolah menggunakan teknik *background subtraction* dengan cara membandingkan citra referensi dengan citra objek untuk mendeteksi objek berupa kendaraan. Hasil dari citra *background subtraction* berskala keabuan dari 0-255.

Citra berskala keabuan diubah menjadi citra biner menggunakan metode *image thresholding* agar dapat mengetahui daerah mana yang merupakan *background* dan objek secara jelas. Citra yang berisi objek dikurangi dengan citra *background*. Piksel yang lebih besar dari nilai *threshold* (T) dapat digolongkan ke dalam piksel dari objek yang dideteksi sebagai sebuah kendaraan.

Operasi morfologi dilakukan untuk menghilangkan kesalahan binerisasi yang terjadi pada proses di atas. Operasi yang dilakukan adalah operasi *Open* untuk menghilangkan *noise* dan operasi *Close* untuk mengisi lubang lubang kecil pada objek yang kemungkinan timbul dalam proses sebelumnya. Objek-objek yang terdeteksi akan diberi garis tepi yang berbentuk segi empat dengan ukuran *width* dan *height*. Proses tersebut dilakukan menggunakan *library* yang ada pada *OpenCV*.

2.4.2 Karakterisasi Alat

Perancangan alat dilakukan dengan menggunakan satu buah kamera CCD, satu tripod, dan satu buah *Raspberry Pi* yang dihubungkan ke PC menggunakan kabel HDMI yang dapat dilihat pada Gambar 3. *Raspberry Pi* juga di hubungkan ke catu daya menggunakan adaptor.



Gambar 3 Skema rangkaian alat

Karakterisasi posisi kamera dilakukan untuk menentukan sudut kamera yang tepat agar dapat menangkap ruas jalan satu arah. Variasi sudut yang digunakan sebesar 90°, 60° dan 30° terhadap jalan. Karakterisasi jarak dilakukan untuk melihat perubahan jarak terhadap waktu yang didapatkan. Karakterisasi jarak dilakukan dengan mengatur *region* pada program terhadap jarak sebenarnya. Variasi jarak yang digunakan adalah 5, 10, 15, dan 20 meter. Sebelum melakukan karakterisasi terlebih dahulu melakukan perekaman video kendaraan dengan kelajuan 20 km/jam. Video yang telah direkam akan dimasukkan ke dalam program dan mengekstraknya menjadi *frame-frame* berdasarkan fps kamera. Jumlah *frame* dibagi dengan *frame rate* kamera untuk mendaptkan fungsi waktu. Karakterisasi kelajuan dilakukan untuk melihat kelajuan yang didapatkan oleh rancangan alat terhadap kelajuan *speedometer*. Variasi kelajuan yang digunakan pada karakterisasi ini adalah 20, 40 dan 60 km/jam. Kendaraan yang digunakan berupa mobil dan motor.

2.5 Pengujian Sistem Pendeteksi dan Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran pada alat ukur yang telah dirancang dengan alat ukur standar yaitu *speedometer*. *Speedometer* dapat menentukan tingkat ketelitian dari alat yang dirancang. Ketika alat yang sudah dirancang dikarakterisasi dengan alat pembanding maka dilakukan pengujian langsung di ruas jalan Dr Moh Hatta Pasar Ambacang Kota Padang.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Posisi Kamera

Pengaturan posisi kamera dilakukan untuk mengamati ruas jalan yang dapat ditangkap oleh kamera. Pada Gambar 4 posisi kamera dengan sudut 30° dapat menangkap semua ruas jalan secara keseluruhan. Pada sudut $89,8^\circ$ dan $60,1^\circ$ tidak dapat menangkap semua badan jalan. Posisi yang lebih baik untuk penempatan kamera pada sudut 30° .



Gambar 4 Hasil citra dan posisi kamera dengan variasi sudut $89,8^\circ$; $60,1^\circ$ dan 30°

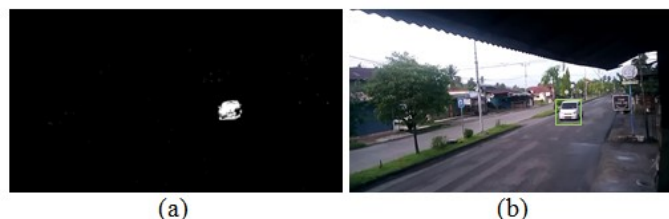
3.2 Pengujian dan Deteksi Jenis Kendaraan

Karakterisasi dilakukan untuk mendeteksi dan mengetahui jenis kendaraan yang melewati sistem. Karakterisasi dilakukan dengan mengolah video yang direkam selama 1 menit di ruas jalan Dr Moh Hatta Pasar Ambacang, Kota Padang. Metode yang digunakan untuk mendeteksi dan menentukan jenis kendaraan dengan metode *background subtraction* yang dapat mendeteksi objek bergerak dan mengikutinya. Pendeteksian dimulai dengan membaca citra dari video yang telah direkam sebelumnya. Selanjutnya dilakukan proses *background subtraction* yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses *background subtraction* (a) Citra terkini (b) Citra referensi
(c) Hasil *background subtraction*

Image Thresholding digunakan untuk merubah citra derajat keabuan menjadi citra biner sehingga dapat mengetahui daerah mana yang termasuk objek dan *background* dari citra secara jelas yang dapat dilihat pada Gambar 6. Objek yang telah terdeteksi melalui proses tersebut akan diberi garis tepi berupa *width x height* untuk membedakan objek yang satu dengan yang lain.



Gambar 6 Proses deteksi objek (a) Hasil *image thresholding* (b) Hasil deteksi objek

Tabel 1 menampilkan jenis dan ukuran *width* kendaraan yang melewati sistem selama satu menit. Apabila *width* lebih besar dari 60 *pixel* maka akan dideteksi sebagai mobil. Jika kecil atau sama dengan 60 *pixel* akan dideteksi sebagai motor.

Tabel 1 Hasil pengujian karakterisasi jenis kendaraan

No	Jenis kendaraan	Width (pixel)
1	Motor 1	59
2	Motor 2	55
3	Motor 3	60
4	Mobil 1	70
5	Motor 4	57
6	Motor 5	41
7	Mobil 2	71
8	Motor 6	57
9	Mobil 3	65
10	Mobil 4	69
11	Motor 7	50

Tabel 1 menampilkan kendaraan yang melewati sistem selama satu menit. Motor memiliki ukuran *width* dari 41 sampai 59 dan mobil memiliki ukuran *width* dari 65 sampai 71. Sistem berhasil mendeteksi semua kendaraan yang melewatinya dengan jumlah 11 kendaraan yang terdiri dari 7 motor dan 5 mobil.

3.3 Karakterisasi Region

Karakterisasi *region* dilakukan untuk mengetahui jumlah *frame* yang didapatkan untuk mengetahui fungsi waktu. Karakterisasi *region* dilakukan dengan beberapa variasi jarak yaitu 5 meter, 10 meter, 15 meter dan 20 meter. Karakterisasi *region* dilakukan dengan membuat *region* pada video yang telah direkam sebelumnya. Koordinat *region* ditentukan menggunakan aplikasi *Paint*. Koordinat yang telah didapatkan akan dimasukkan kedalam program yang dapat dilihat pada Gambar 7.

**Gambar 7** Proses pembuatan *region* (a) Menentukan koordinat *region* (b) Hasil *region*

Jumlah *frame* yang dihasilkan akan dihitung ketika bagian depan kendaraan melewati garis pertama dan berhenti ketika melewati garis kedua. Jumlah *frame* yang didapatkan dibagi dengan *frame rate* kamera untuk mendapatkan fungsi waktu. Data pengujian *region* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dilihat pengaruh *region* terhadap jumlah *frame* dan persentase kesalahan. *Region* yang terbaik dengan jarak 20 meter dibandingkan dengan 5, 10 dan 15 meter.

Tabel 2 Data pengujian *region* terhadap waktu

No	Kelajuan mobil (km/jam)	Jarak <i>region</i> (m)	Jumlah <i>Frame</i>	Waktu (s)	Waktu teori (s)	Persentase Kesalahan (%)
1	20	5	24	0,83	0,9	7,78%
2		10	51	1,70	1,8	5,56%
3		15	79	2,63	2,7	2,59%
4		20	107	3,56	3,6	1,11%

3.4 Pengukuran Kelajuan Kendaraan

Pengujian kelajuan kendaraan dilakukan dengan membandingkan kelajuan yang dihitung oleh program dengan kelajuan kendaraan bermotor pada *speedometer*. Kendaraan bermotor yang digunakan adalah motor dan mobil dimana nilai kelajuan sebenarnya didapatkan dari *speedometer*. Kendaraan tersebut melaju dengan kelajuan konstan pada jalan yang dipantau oleh sistem. Hasil pengujian kelajuan terdiri dari 3 kali percobaan. Data hasil pengukuran kelajuan kendaraan berupa mobil dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data hasil pengukuran kelajuan kendaraan berupa mobil

No	Kelajuan di <i>Speedometer</i> (km/jam)	Kelajuan rata-rata di Alat Ukur (km/jam)	Persentase Kesalahan (%)
1	20	18,33	8,35
2	40	41,67	4,175
3	60	60,00	0,00
Persentase kesalahan rata-rata			4,175

Persentase kesalahan rata-rata yang didapatkan pada pengukuran kelajuan kendaraan berupa mobil 4,175%. Data hasil pengukuran kelajuan kendaraan berupa motor dapat dilihat pada Tabel 4 dengan persentase kesalahan rata-rata yang didapatkan 3,76%. Persentase kesalahan rata-rata motor lebih baik daripada mobil. Hal ini bisa saja terjadi karena nilai kelajuan yang didapatkan dapat dipengaruhi oleh lingkungan seperti objek yang bukan kendaraan dan cuaca (hujan, angin dan lainnya) yang merupakan noise dalam *frame*.

Tabel 4 Data hasil pengukuran kelajuan kendaraan berupa motor

No	Kelajuan di <i>Speedometer</i> (km/jam)	Kelajuan rata-rata di Alat Ukur	Persentase Kesalahan (%)
1	20	20	0
2	40	36,6	8,5
3	60	61,67	2,78
Persentase kesalahan rata-rata			3,76

IV. KESIMPULAN

Perancangan alat ukur kelajuan kendaraan bermotor menggunakan kamera CCD telah mampu mengukur kelajuan kendaraan bermotor dengan kesalahan rata-rata pada mobil 4,175% dan sepeda motor 3,76%. Posisi kamera yang paling baik berada pada sudut 30° dari jalan dan *region* yang digunakan dengan panjang 20 meter. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan alat ukur kelajuan kendaraan bermotor menggunakan kamera CCD telah dapat mendeteksi kelajuan kendaraan bermotor 20 km/jam sampai 60 km/jam. Hasil pengukuran kelajuan kendaraan bermotor dapat ditampilkan dan disimpan pada PC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam terlaksananya penelitian ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikannya tepat waktu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Republik Indonesia yang telah menghibahkan bantuan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Habibi, N. dan Imam, S., 2015, Perancangan Alat Ukur Kecepatan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Prinsip Efek Doppler, *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Vol 4, No.3, hal.48-54.
- Izzara, C. dan Valee, O., 1994, On The Use of CCD Image Sensor in Optics Experiments, *American Journal of Physics*, Vol.62, No.4, hal.3-7.
- Nataliana, D., Nandang T., dan Aam A.M., 2011, Perancangan Prototype Deteksi Kecepatan Kendaraan Menggunakan RFID Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535, *Jurnal Informatika*, Vol 3, No.1, hal.72-87.
- Nuryaman, A., Edi M., dan Rina M., 2017, Rancang Bangun Prototipe Alat Pengukur Kecepatan Kendaraan dengan Sensor Infra Merah, *Jurnal Senter*, hal.345-366 ISBN 978-602-512-810-3.
- Ramadhani, A.S., Ahmad, A., dan Agus D., 2017, Rancang Bangun Sistem Pengukur Kecepatan Kendaraan menggunakan Sensor Magnetik, *Jurnal Wahana Fisika*, Vol 2 No.1, hal.28-35.
- Vrileuis, A., 2013, Pemantau Lalu Lintas dengan Sensor LDR Berbasis Mikrokontroler Atmega16, *Jurnal Rekayasa Elektronika*, Vol 10, No.3, Hal.115-159.